

Note translation in back

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-12969

(P2001-12969A)

(43) 公開日 平成13年1月19日 (2001.1.19)

(51) Int. Cl.	識別記号	F I	テマコード (参考)
G 0 1 D 5/245	1 0 1	G 0 1 D 5/245	1 0 1 U 2 F 0 6 3
G 0 1 B 7/30	1 0 1	G 0 1 B 7/30	1 0 1 A 2 F 0 7 7
H 0 2 K 24/00		H 0 2 K 24/00	3 D 0 3 3
// B 6 2 D 5/04		B 6 2 D 5/04	

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-184006

(22) 出願日 平成11年6月29日 (1999.6.29)

(71) 出願人 592002905

サムタク株式会社

東京都調布市調布ヶ丘3丁目6番地2

(72) 発明者 成瀬 誠

東京都調布市調布ヶ丘3丁目6番地2 サ

ムタク株式会社内

(72) 発明者 加納 孝雄

東京都調布市調布ヶ丘3丁目6番地2 サ

ムタク株式会社内

(74) 代理人 100082865

弁理士 石井 陽一 (外1名)

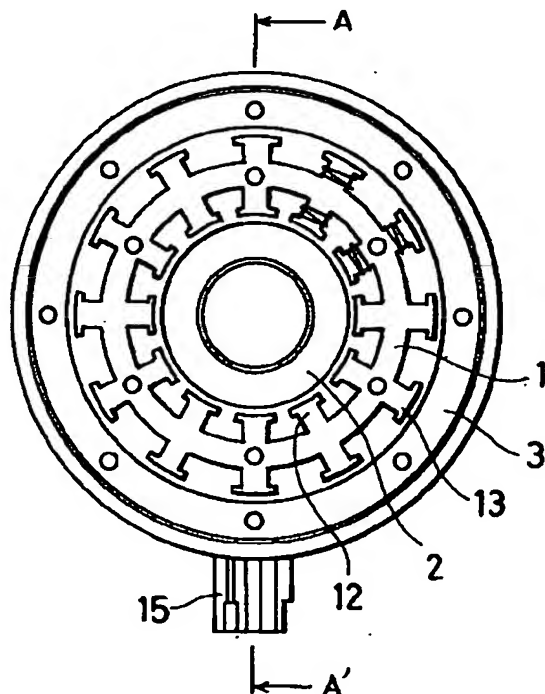
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合レゾルバ

(57) 【要約】

【課題】 パワーステアリング等の複数箇所の回転位置検出に対応でき、制御システム全体の簡素化、製造コストおよび重量やスペースの低減が可能な複合レゾルバを提供する。

【解決手段】 複数の磁極が形成された固定子1と、この固定子1の外側を回転する外側回転子3と、前記固定子1の内側を回転する内側回転子2とを有し、前記固定子1には内側回転子2と外側回転子3のそれぞれに対応した磁極12、13が形成されているとともに、これらの磁極12、13には内側回転子2と外側回転子3のそれぞれに対応した励磁巻線と出力巻線とがそれぞれ独立に巻回されている構成の複合レゾルバとした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の磁極(12,13)が形成された固定子(1)と、この固定子(1)の外側を回転する外側回転子(3)と、前記固定子(1)の内側を回転する内側回転子(2)とを有し、

前記固定子(1)には内側回転子(2)と外側回転子(3)のそれぞれに対応した磁極(12,13)が形成されているとともに、これらの磁極(12,13)には内側回転子(2)と外側回転子(3)のそれぞれに対応した励磁巻線と出力巻線とがそれぞれ独立に巻回されている複合レゾルバ。

【請求項2】 前記外側回転子(3)と、内側回転子(2)とはそれぞれ異なる系統の回転体が接続される請求項1のレゾルバ。

【請求項3】 少なくとも前記外側回転子(3)および内側回転子(2)のいずれかは、励磁巻線と出力巻線の極対数の和または差に等しい整数N個の突極の回転体である請求項1または2の複合レゾルバ。

【請求項4】 少なくとも前記外側回転子(3)および内側回転子(2)のいずれかは、突極の中央を原点として回転子円周の位置を表す空間角を $\theta_2$ とすると、回転子形状によるギャップバリエーション変動が $\cos(N\theta_2)$ となるような形状となっている請求項1～3のいずれかの複合レゾルバ。

【請求項5】 少なくとも前記外側回転子(3)および内側回転子(2)のいずれかは、突極の中央を原点として、回転子円周の位置を表す空間角を $\theta_2$ とすると、突極中央の最小エアギャップ長を $\delta_1$ とし、kが1と2の間の値を取るとき、前記空間角 $\theta_2$ の位置におけるエアギャップ長が

【数1】

$$\frac{k\delta_1}{1 + (k-1)\cos(N\theta_2)}$$

となるような回転子形状とした請求項1～4のいずれかの複合レゾルバ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電動パワーステアリング装置などの変位量の測定に好適に用いることのできる複合レゾルバに関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、ステアリングハンドルの操舵力を軽減して快適な操舵感を与えるために、電動パワーステアリング装置が多く用いられている。図3は、従来の電動パワーステアリング装置の一例を示す概略構成図であって、ステアリングホイール101は、ステアリングシャフト102の上端部に連結され、このステアリングシャフト102は図示しない固定部に支持されて下方に延長され、その下端部にピニオン103が装着されている。

【0003】このピニオン103は、車両幅方向に水平に延長するラック軸104に噛合して、ステアリングギヤを構成し、ステアリングホイール101からステアリングシャフト102回りの回転運動が、ラック軸104の直進運動(並進運動)に変換される。

【0004】そして、水平に延在するラック軸104の両端部は、それぞれタイロッド105を介してナックル及び転舵輪106に接続され、ラック軸104が水平方向移動(並進運動)することで左右の転舵輪106が転舵される。なお、前記ステアリングホイール101、ステアリングシャフト102、ピニオン103、ラック軸104によって、操舵系を構成している。

【0005】また、ステアリングシャフト102におけるピニオン103の上部には、減速機を構成するリングギヤ111が同軸に固定され、このリングギヤ111に操舵補助モータ(電動機)108の駆動軸109に連結されたリングギヤ110が噛合され、操舵補助モータ108が、コントロールユニット7から出力されるデューティ制御されたパルス電流によって操舵トルクに応じた操舵補助力を発生するように制御される。

【0006】さらに、ステアリングシャフト102におけるリングギヤ111の上部にトルク検出機構112が設けられている。このトルク検出機構112は、ステアリングシャフト102の下端部とピニオン103の上端部とを連結する図示されないトーションバーと、その外周に配置された操舵トルクセンサとから構成されている。操舵トルクセンサは、前記トーションバーの振れ量から操舵トルクを検出し、操舵トルクの大さに応じた且つステアリングホイール101の右切り(ピニオン103からの入力に対しては左回り)で正值、ステアリングホイール101の左切り(ピニオン103からの入力に対しては右回り)で負値の電圧信号であるトルク検出値Tを、制御手段107に供給する。

【0007】このようなステアリングシステムにおいて、トルク検出機構には種々の位置検出手段が用いられているが、なかでもレゾルバを用いたものが位置検出精度や、耐環境性等の点で優れている。

【0008】ところが、レゾルバを用いてトルク検出を行おうとすると、ステアリングシャフト102のステアリングホイール101側に1つと、トーションバーを介したピニオン103側に1つそれぞれレゾルバが必要となる。これは、ピニオン103側の切れ角と、ステアリングホイール101側の舵角との差を検出し、その差を制御信号として出力する必要があるためである。

【0009】このため、一つのステアリングシステムに最低2個のレゾルバが必要となり、パワーステアリングシステムのコストを低減する上で大きな障害となっていた。また、レゾルバの数を減らすことができれば、重量やスペースの点でも有利となり、特に環境問題等の面からも重量の軽減による燃費の向上等のメリットは大き

10

20

30

40

50

い。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】この発明の目的は、パワーステアリング等の複数箇所の回転位置検出に対応でき、制御システム全体の簡素化、製造コストおよび重量やスペースの低減が可能な複合レゾルバを提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的は、以下の構成により達成される。

(1) 複数の磁極12,13が形成された固定子1と、この固定子1の外側を回転する外側回転子3と、前記固定子1の内側を回転する内側回転子2とを有し、前記固定子1には内側回転子2と外側回転子3のそれぞれに対応した磁極12,13が形成されているとともに、これらの磁極12,13には内側回転子2と外側回転子3のそれぞれに対応した励磁巻線と出力巻線とがそれぞれ独立に巻回されている複合レゾルバ。

(2) 前記外側回転子3と、内側回転子2とはそれぞれ異なった系統の回転体が接続される上記(1)のレゾルバ。

(3) 少なくとも前記外側回転子3および内側回転子2のいずれかは、励磁巻線と出力巻線の極対数の和または差に等しい整数N個の突極の回転体である上記(1)または(2)の複合レゾルバ。

(4) 少なくとも前記外側回転子3および内側回転子2のいずれかは、突極の中央を原点として回転子円周の位置を表す空間角を $\theta_2$ とすると、回転子形状によるギャップパーミアンス脈動が $\cos(N\theta_2)$ となるような形状となっている上記(1)～(3)のいずれかの複合レゾルバ。

(5) 少なくとも前記外側回転子3および内側回転子2のいずれかは、突極の中央を原点として、回転子円周の位置を表す空間角を $\theta_2$ とすると、突極中央の最小エアギャップ長を $\delta_1$ とし、kが1と2の間の値を取るとき、前記空間角 $\theta_2$ の位置におけるエアギャップ長が

【0012】

【数2】

$$\frac{k\delta_1}{1 + (k-1)\cos(N\theta_2)}$$

【0013】となるような回転子形状とした上記(1)～(4)のいずれかの複合レゾルバ。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明の複合レゾルバは、複数の磁極が形成された固定子と、この固定子の外側を回転する外側回転子と、前記固定子の内側を回転する内側回転子とを有し、前記固定子には内側回転子と外側回転子のそれぞれに対応した磁極が形成されているとともに、これらの磁極には内側回転子と外側回転子のそれぞれに対

応した励磁巻線と出力巻線とがそれぞれ独立に巻回されているものである。

【0015】このように、固定子の内側と外側に回転子を配置し、固定子にはこの回転子に対応する磁極を形成することにより、2つのレゾルバを一体として同一のケース内に納めることができ、レゾルバ1つ分のスペースや費用を低減することができる。

【0016】本発明の複合レゾルバは、例えば図1、2に示すように、概ね円筒状であって、複数の磁極12,13が形成された固定子1と、この固定子1の内側と外側にそれぞれ配置されている円筒状の内側回転子2および外側回転子3を有する。なお、図2は図1のA-A'断面矢視図であり、図1は図2のB-B'の断面矢視図に相当する。なお、図示例では、内側回転子2と外側回転子3と、固定子1との間のギャップが一定のように見えるが、実際には後述するように所定の出力信号が得られるような凹凸が、内側回転子2と外側回転子3とに形成され、ギャップが変化している。

【0017】固定子1には内側回転子2と外側回転子3のそれぞれ外側面、内側面と対向する位置に磁極12,13が形成されている。この磁極12,13は、後述するように、内側回転子2、外側回転子3の回転動作により、通常のレゾルバと同様に所定の周期で信号が出力されるように極数が決定されている。磁極12,13は、それぞれ内側回転子2、外側回転子3と対向する部分が円筒の一部、あるいは所定の曲率を有する平滑な面として形成され、その中央に形成されている概ね円筒状の固定子本体から突出した形状を有し、その胴部は丁度コイルのボビン状に括れている。

【0018】この固定子1に形成されている磁極12,13には、通常のレゾルバと同様に励磁巻線または出力巻線となる巻線12a,13aがそれぞれ巻回されている。これらの巻線と、磁極との関係の詳細については後述する。また、固定子1は、断面L字状の端部により側部カバーを形成されるとともに、カバー11と嵌合して、レゾルバ全体を保護する機能も有している。この固定子1は、図示しないネジ孔などにより被測定物の本体などに固定される。

【0019】内側回転子2および外側回転子3は、それぞれ、その外側面・内側面と、固定子1の各磁極12,13とのギャップが回転動作により変化し、励磁巻線、出力巻線により回転変位量に応じた出力信号が得られるように形成されている。この場合、内側回転子2は、その外形が上記形状となり、外側回転子3は、その内形が上記形状となる。これらの形状は、その中心軸が固定子の中心軸とずれた円盤状、あるいは円筒状の回転体としてもよいが、後述のように、高調波歪を除去するために、所定の局数の突部を有する形状とすることが好ましい。

【0020】内側回転子、外側回転子、固定子を構成す

る材料としては、磁性材料であれば特に限定されるものではなく、通常のレゾルバに使用されている材料を用いることが可能であるが、なかでもケイ素鋼板、電磁軟鉄等が好ましく、特にケイ素鋼板が好ましい。

【0021】内側回転子2および外側回転子3は、回転体接続部2a、3aを有する。この内側回転子2の回転体接続部2aと、外側回転子3の回転体接続部3aとには、それぞれ異なった系統の回転体（回転軸）が接続されるようになっている。このため、通常回転体接続部2a、3aは円筒状に形成され、回転軸などと係合、嵌合しやすいうようになっている。

【0022】より具体的には、例えばパワーステアリングにおいてステアリングシャフトのステアリングホイール側（アッパーアーム）と、トーションバーを介したビニオン側（ロアアーム）とがそれぞれ係合する。この回転体接続部2a、3aには、例えばアッパーアーム、ロアアームとの係合を確保するために、スプライン等を介して係合するようにするとよい。

【0023】なお、外側回転子3は、肉薄の連結部3bを介して肉厚の軸受けブロック3cと一体形成され、この肉厚の軸受けブロック3cに回転体接続部3aが形成されている。また、内側回転子2は回転子と軸受けブロックとが一体となっていて、回転子のほぼ中心に回転体接続部2aが形成されている。また、固定子の各巻線は、配線引き出し部15により取り出され、制御手段等のR/D変換手段などと接続されるようになっている。

【0024】次に、内側回転子2および外側回転子3のより詳細な形状について説明する。内側回転子2および外側回転子3の形状は、通常のレゾルバの回転子の形状を決定する手法を用いることができるが、好ましくは、特許第2698013号に記載されている手法を用いる。

【0025】具体的には、励磁巻線の極対数を $p_1$ 、出力巻線の極対数を $p_2$ として、内側回転子2および外側回転子3はN個の突極を有する磁性材で巻線を設けない構造において、 $p_1 + p_2 = N$ または $p_1 - p_2 = \pm N$ とすることによって、励磁巻線の電流によって生ずる起磁力と突極によるギャップパーミアンスの変動との作用で、極対数 $p_2$ のギャップ磁束密度を生じ、回転子が全円周の $1/N$ 動くときに、その磁束密度のピーク値の空間的位置は全円周の $1/p_2$ 動くことを利用する。

【0026】この磁束密度による出力巻線への誘導電圧は、励磁巻線を単相とし、出力巻線を2相または3相とした場合には、外側、または内側回転子（以下単に回転子と称する）の全円周の $1/N$ の動きを1周期とする正弦波形の2相または3相電圧となり、励磁巻線を2相とし、出力巻線を単相とした場合には、回転子が全円周の $1/N$ 動くときに位相が $2\pi$ 変化する正弦波電圧となる。これらの電圧と回転子位置との関係は、現在使用されているレゾルバあるいはシンクロの場合と同一である

ので、この出力電圧をR/D変換手段で処理することによって、構造簡単で安価なレゾルバあるいはシンクロとして使用することができる。

【0027】この方式においては、誤差の原因となる出力巻線の誘導電圧に含まれる高調波成分を最小にすることが重要である。本発明では、N個の突極によるギャップパーミアンス係数の回転子位置 $\theta_2$ による変動が $\cos(N\theta_2)$ に比例する値となり、これに対する高調波成分が極めて小さくなるような突極形状とすることによって、これを実現できる。

【0028】一般にNが1以外の整数の場合には、全円周の $1/N$ の範囲内の位置を検出することは出来るが、絶対位置を特定するためには何らかの補助的手段を用いることが必要である。これに対してNが1の場合には、出力巻線には回転子の1回転で1周期の電圧が誘導されるので、絶対位置の検出が可能となる。通常回転機では突極の数は偶数であるが、一般には突極の数は奇数とすることも可能である。一つの直径の両端の一方が最小ギャップで、他方が最大ギャップとなるような回転子形状によって、Nが1に等しい場合を実現することができるが、この場合もギャップパーミアンス係数の回転子位置による変動が $\cos(\theta_2)$ に比例した値となるような回転子形状とすることによって誤差を最小にすることができる。この場合には、極対数の代わりに1極対の間隔を用いて表すと、励磁巻線と出力巻線の1極対の間隔で長いほうを $T_1$ 、短いほうを $T_2$ とすると、 $T = T_1 \cdot T_2 / (T_1 + T_2)$ 、又は $T = T_1 \cdot T_2 / (T_1 - T_2)$ の間隔に1個の突出部を等間隔で移動子に設けることが、上記の回転位置検出における $p_1 + p_2 = N$ または $p_1 - p_2 = \pm N$ の関係に相当するので、移動子がTに等しい距離だけ動いたときに、出力巻線に1周期の正弦波電圧を誘導することになり、これを利用して位置検出を行うことができる。

【0029】例えば、図1および2において、固定子1の内側回転子2、外側回転子3と対向する磁極12、13には、それぞれ極対数 $p_1$ の励磁巻線と極対数 $p_2$ の出力巻線が巻回されている。回転子にはその外周にN個の突極が形成され、上記の極対数と突極の個数は $p_1 + p_2 = N$  (1)

または

$$p_1 - p_2 = \pm N \quad (2)$$

のいずれかの関係が満足されるように選ばれている。一般に固定子鉄心にZ1個のスロットを有し、回転子鉄心にN個の突極を有する場合のギャップパーミアンス係数は

【0030】

【数3】

$$\sum_{\gamma} P_{\gamma} \cos(\alpha Z_1 \theta_1 + \gamma N \theta_2) \quad (3)$$

【0031】として表される。ここで、 $\alpha$ 及び $\gamma$ は0を

含む正、負の整数を表すものとし、 $\theta_1$  は一つの極の励磁巻線を構成するコイル全体の中央を原点として、固定子内周の任意点の位置を空間角で示す座標であり、 $\theta_2$  は $t=0$ の瞬間に $\theta_1$  の原点に最も近い位置にある回転子の突極の中央を原点として回転子に固定された座標であって、 $\theta_1$  と同様に空間角で表される。回転子突極の1極ピッチに相当する空間角を $\psi$ とし、回転子が静止しているときの $\theta_1$  と $\theta_2$  の両原点の間の空間角を $\xi\psi$ と\*

\*すれば

$$\theta_2 = \theta_1 - \xi\psi \quad (4)$$

の関係があり、 $\xi$ は $-0.5 \leq \xi \leq 0.5$ の値をとる。

(4)式を(3)式に代入すると、ギャップパーミアンス係数は次式となる。

【0032】

【数4】

$$\sum_r \sum_p P_{r,p} \cos \{ (\alpha Z_1 + \gamma N) \theta_1 - \gamma \xi N \phi \} \quad (5)$$

【0033】励磁巻線に流れる電流の実効値を $I$ とし、角周波数を $\omega$ とすると、この電流による基本波起磁力は、

※【0034】

【数5】

※

$$F_{11} = \frac{\sqrt{6} \cdot W \cdot k_{w1} I}{p_1 \pi} \cos(\omega t) \cdot \sin(p_1 \theta_1) \quad (6)$$

【0035】として表される。ここで $W$ は励磁巻線の巻数、 $p_1$ は励磁巻線の極対数、 $k_{w1}$ は基本波成分に対する巻線係数である。ここでは原理を示すために、固定子スロットによるギャップパーミアンス脈動を無視すると、(5)式において $\alpha=0$ の場合を考えれば良く

$$\star \sum_r P_{r,0} \cos(\gamma N \theta_1 - \gamma \xi N \phi) \quad (7)$$

【0037】となる。磁束密度は(6)式と(7)式との積として求められ、

【0038】

【数7】

【0036】

【数6】

★

$$B_{11} = \frac{\sqrt{6} \cdot W \cdot k_{w1} I}{p_1 \pi} \cos(\omega t)$$

$$\times \sum_r P_{r,0} \sin \{ (p_1 + \gamma N) \theta_1 - \gamma \xi N \phi \} \quad (8)$$

【0039】として表される。ここで磁束密度の次数 $(p_1 + \gamma N)$ について検討してみると、 $\gamma=0$ のときには $(p_1 + \gamma N) = p_1$ であるが、 $\gamma=\pm 1$ に対しては、(1)式が満足される場合には $\gamma=-1$ のときに $(p_1 + \gamma N) = -p_2$ 、 $\gamma=1$ のときに $(p_1 + \gamma N) = (2p_1 + p_2)$ 、また(2)式が満足される場合には

☆【0041】のときに $(p_1 + \gamma N) = p_2$ 、 $\gamma=\pm 1$ のときに $(p_1 + \gamma N) = (2p_1 - p_2)$ となる。従ってギャップ磁束密度には極対数が $p_1$ 、 $p_2$ および $(2p_1 + p_2)$ の成分が存在することになる。従って磁束密度は、(1)式または(2)式が満足される場合に対して、それぞれ(9)式または(10)式で表される。

【0042】

【数9】

【0040】

【数8】

$$\gamma = \mp 1$$

☆

$$B_{11} = \frac{\sqrt{6} \cdot W \cdot k_{w1} I}{p_1 \pi} \cos(\omega t) \{ P_{00} \sin(p_1 \theta_1)$$

$$- P_{01} \sin(p_2 \theta_1 - \xi N \phi) + P_{02} \sin((2p_1 + p_2) \theta_1 - \xi N \phi) \}$$

(9)

【0043】

◆ ◆【数10】

$$B_{11} = \frac{9}{p_1 \pi} \sqrt{S \cdot W \cdot k_{-1} I} \cos(\omega t) [P_{00} \sin(p_1 \theta_1) + P_{01} \sin(p_2 \theta_1 \pm \{N\phi\}) + P_{02} \sin((2p_1 - p_2) \theta_1 \pm \{N\phi\})]$$

(10)

【0044】(9)および(10)式の第2項に注目すると、 $N\phi = 2\pi$ であるので、 $\xi$ が $-0.5$ から $+0.5$ まで変化するとき、すなわち回転子が突極の1極ピッチ動くとき、極対数 $p_2$ の磁束密度のピーク値の位置が1極対動くことを示している。従って、この磁束と固定子スロットに納められた極対数 $p_2$ の出力巻線との鎖交磁束の大きさは、回転子突極の位置によって変化するので、出力巻線の誘導電圧の大きさも回転子によって変化する。出力巻線の一つは励磁巻線と同一の巻線軸の位置に、他の一つは励磁巻線の巻線軸から電気角で90度離\*

れた位置に設ける。前者を出力巻線1、後者を出力巻線2ということとする。(9)式または(10)式の磁束密度によってこれらの出力巻線に誘導される電圧は巻線を構成する各コイルの鎖交磁束の和を求め、これを時間微分する事によって得られ、その結果を示すと次のようになる。即ち(9)または(10)式の第2項の磁束密度によって、出力巻線1および2に誘導される電圧は次に示す(11)式および(12)式で表される。

【0045】

【数11】

$$e_{11} = \sqrt{2} \cdot E_1 \cos(\{N\phi\}) \cdot \sin(\omega t) \quad (11)$$

【0046】

※ ※【数12】

$$e_{12} = \pm \sqrt{2} \cdot E_1 \sin(\{N\phi\}) \cdot \sin(\omega t) \quad (12)$$

【0047】ここで、(12)式の符号は $p_1 + p_2 = N$ 及び $p_1 - p_2 = N$ の場合にマイナスをとり、 $p_1 - p_2 = -N$ の場合にプラスをとる。極対数 $p_2$ の出力巻線には、空間分布の次数が $p_2$ の奇数倍の磁束密度によってのみ電圧が誘導されるので、 $(2p_1 \pm p_2)$ が $p_2$ の奇数倍の場合には、(9)及び(10)式の第3項によっても出力巻線に電圧が誘導される。この電圧によっても(11)および(12)式の電圧の実効値 $E_1$ が変化するだけで、式の形は変化しない。同様に $p_1$ が $p_2$ の奇数倍の場合には、(9)および(10)式の第1項によって、出力巻線1に回転子位置に無関係な一定電圧が誘導されるが、この電圧は回路処理によって除去することができる。しかし、このような回路処理を必要としないほうが望ましいので、 $p_1$ と $p_2$ との組合わせの適切な選定によって、第1項による電圧を誘導しないようにすることができる。出力巻線を3相巻線とした場合には、空間分布の次数が $p_2$ の奇数倍であっても、3の整数倍の次数の磁束密度成分は出力巻線に電圧を誘導しない。

【0048】単相又は2相巻線の場合でも、3相巻線の二つの相の巻線22、23を図4のように接続して一つの相の巻線として用いれば、3相巻線の場合と同様に3の整数倍の次数の磁束密度成分による誘導電圧を生じない。この場合には、(9)及び(10)式の第1項による誘導電圧を生じないようにするための $p_1$ と $p_2$ との組合わせの選定が容易になる。従って上記の2組の出力巻線に誘導される、回転子が突極の1極ピッチ移動したときに1周期となる $\cos$ 及び $\sin$ 関数に比例した電圧は、従来のレゾルバにおいて回転子がその1極ピッチ★50

★移動したとき入出力巻線に誘導される電圧と同一であるので、R/D変換手段で処理することによって位置検出を行うことができる。

【0049】これまでの説明においては、出力巻線1を励磁巻線と同一の位置に配置してあるが、これは説明の便宜のためであって、必ずしもこの配置にこだわることはない。2相の場合には、2組の出力巻線を電気角で90度離れた位置に保つようにすれば、これらを固定子スロットの任意の位置に配置することができる。励磁巻線は上記と同様に単相であるが、出力巻線を3相巻線とすれば、回転子が突極の1極ピッチ移動したときに1周期となる3相電圧が誘導されるので、従来のシンクロ電機と同様な使用が可能である。この場合にも、その1相を励磁巻線と同一の位置に配置する 경우가多いが、この配置にこだわることはなく、3組の出力巻線は電気角で120度ずつ離れた位置を保つようにすれば、固定子スロットの任意の位置に配置することができる。励磁巻線を2相とし、出力巻線を単相とした場合には、出力巻線の誘導電圧は回転子位置によって位相が変化し、その位相は回転子の1極ピッチの動きに対して $2\pi$ 変化すること、従来のレゾルバと同じであるので、この場合も出力信号をR/D変換器で処理することによって位置検出を行うことができる。これまでは原理の説明のために、基本波起磁力のみを考慮し、かつ $\alpha = 0$ で、 $r = \pm 1$ の場合について述べたが、起磁力の高調波成分及び固定子スロットによるギャップパーミアンス係数として $\alpha$ が整数値の場合を考慮すると、ギャップ磁束密度は

【0050】

【数13】

$$B_1 = \sum_{p_1} \sum_{p_2} \sum_{\gamma} (-1)^{\gamma} \cdot \frac{\sqrt{6} \cdot W \cdot K_{-1} I}{np_1 \pi} \cos(\omega t)$$

$$\times P_{\gamma 0} \sin \{ (np_1 + \alpha Z_1 + \gamma N) \theta_1 - \gamma \xi N \phi \} \quad (13)$$

【0051】となる。この磁束密度の式の各項において、 $\theta_1$  の係数  $(np_1 + \alpha Z_1 + \gamma N)$  が  $p_2$  の奇数倍の成分によってのみ出力巻線に電圧が誘導され、また図4の接続の場合には更に3の整数倍を除いた次数の成分によってのみ出力巻線に電圧が誘導される。これらの\*

ことを考慮して、出力巻線1及び2に誘導される電圧を求めると、それぞれ(14)及び(15)式として表される。

【0052】

【数14】

$$e_{a1} = \sum_{\gamma} E_{\gamma} \cos(\gamma \xi N \phi) \cdot \sin(\omega t) \quad (14)$$

$$e_{a2} = \sum_{\gamma} E_{\gamma} \sin(\gamma \xi N \phi) \cdot \sin(\omega t) \quad (15)$$

【0053】この式において、 $\gamma=0$  の場合には、 $\theta_1$  の係数は  $(np_1 + \alpha Z_1)$  となるが、整数スロットの場合には  $Z_1$  も  $p_1$  の整数倍となるので、 $p_1$  と  $p_2$  との組合わせを適切に選定することによって、出力巻線にはこの項による電圧を誘導しないようにすることができる。次に  $\gamma=\pm 1$  に相当する項によって出力巻線に誘導される電圧は(11)及び(12)式と同じ形で表されるが、電圧を誘導する高調波磁束密度成分が増えるので、電圧実効値  $E_1$  の大きさが変化する。しかし式の形は変わらないので、2組の出力巻線には回転子が突極の1極ピッチ移動したときに1周期となる  $\cos$  及び  $\sin$  関数に比例した電圧が誘導されることにも変わりはない。 $\gamma=\pm 2$  に対しては、 $(np_1 + \alpha Z_1 - 2N)$  が  $p_2$  の奇数倍(図4の巻線の場合は3の整数倍を除く)の項が存在する場合には、出力巻線に  $\cos(2\xi N \phi)$  及び  $\sin(2\xi N \phi)$  に比例する電圧が誘導されることになる。これは(11)及び(12)式として表されている。位置検出に有効な  $\cos(\xi N \phi)$  及び  $\sin(\xi N \phi)$  に比例する電圧成分に対して高調波成分となる。従って  $\gamma$  の絶対値が2以上に対応する項は、位\*

※置検出において誤差を生ずる電圧成分となるので、高精度の位置検出を行うためには、これらの成分を最小にすることが必要である。ギャップ磁束密度において  $\gamma$  に対応する項は、回転子突極によるギャップパーミアンス脈動によるものであることに鑑み、本発明では、この脈動を表すギャップパーミアンス係数が次に示す(16)式として表されるような突極形状とすることが好ましい。

【0054】

【数15】

$$P_{00} + P_{01} \cos(N\theta_2) \quad (16)$$

【0055】この場合には、磁束密度中に  $\gamma$  の絶対値の2以上に対応する項が存在しないので、出力巻線の誘導電圧が(11)及び(12)式で表される項のみとなり、位置検出の誤差を最小にできる。この突極形状を具体的に示すと、座標  $\theta_2$  の位置における回転子鉄心の外周と中心との距離  $R_{02}$  を次に示す(17)式とすればよいことを理論的に明らかにした。

【0056】

【数16】

$$R_{02} = R_1 - \frac{\delta_0}{1 + \left( \frac{\delta_0}{\delta_1} - 1 \right) \cos(N\theta_2)} \quad (17)$$

【0057】ここで、 $k = \delta_0 / \delta_1$  と置くと(17)式は

★【0058】

★【数17】

$$R_{02} = R_1 - \frac{k\delta_1}{1 + (k-1) \cos(N\theta_2)} \quad (18)$$

【0059】また  $h$  を0から  $N-1$  の整数とすると、 $\delta_1$  は  $\theta_2 = 2h\pi/N$  におけるギャップ長で、最小ギャップ長に相当する。従って、 $\delta_1$  の寸法および  $k$  の値を決めれば、回転子外周形状すなわち突極形状を確定することができる。この場合のギャップパーミアンス係数は☆50

☆  $\delta_1$  と  $\delta_0 = k\delta_1$  を用いると次に示す(19)式となる。

【0060】

【数18】



$$\left. \begin{aligned} P_{00} &= \frac{\mu_0}{\delta_0} \\ P_{01} &= \left( \frac{\delta_0}{\delta_1} - 1 \right) \cdot P_{00} \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

【0061】この(19)式から明らかなように、 $P_{00}$ は $\delta_0$ によって決まり、 $P_{01}/P_{00}$ は $\delta_0/\delta_1$ によって決まって、ギャップパーミアンス係数は(16)式で表される。ここで、 $k=2$ のときを考えると、 $\theta_2 = h\pi/N$ において、(18)式右辺第二項が無大となるので、 $k$ は2より小さい値でなくてはならない。また $k=1$ のときは(19)式の第二式から明らかなように $P_{01}=0$ となり、(16)式の脈動成分が存在しなくなる。従って $k$ の値は $1 < k < 2$ の範囲内の値とする必要がある。ただし(17)式を導出した理論は、磁束線が半径方向に通るという仮定のもとに展開されているので、ギャップパーミアンス係数において $\gamma$ が2以上の項を含む場合がある。これが有害な大きさになる場合には、(17)式の回転子形状を基本として、有限要素法などの磁界解析結果に基づいて突極形状を修正し、ギャップパーミアンス係数において $\gamma$ が2以上の項が最小になるようにする。この場合ギャップパーミアンス係数は、殆ど $\gamma=0$ 及び $\gamma=\pm 1$ に対応するもののみとなり、 $\gamma$ の絶対値が2以上に相当する項は無視できる程度になるので、出力巻線の誘導電圧をほぼ完全な正弦波及び余弦波とすることができる。以上の説明は $N$ が任意の整数値をとる一般的な場合であるが、実用上最も重要なのは、絶対位置が決定可能な $N$ が1に等しい場合である。

【0062】次に、レゾルバから得られた信号を処理するためのR/D変換手段について説明する。

【0063】レゾルバは、回転式のトランスと考えることができ、最小単位として、例えば図5に示すように、2個の出力巻線31b、31cと、1個の励磁巻線31aを備えたモデルで考えることができる。

【0064】励磁巻線には、発信器32から加えられる所定の交流リファレンス信号により例示される。従って、出力巻線の結合の振幅は、回転子の位置と固定子の相対位置との関数として現れることになる。

【0065】このため、レゾルバからの出力は、軸角度のサイン(sin) コサイン(cos) で変調された2種類の出力電圧(S3-S1, S2-S4) が得られる。下記にレゾルバ形式の信号の出力形式を示す。

$$S3-S1 = E_0 \sin \omega t \cdot \sin \theta$$

$$S2-S4 = E_0 \sin \omega t \cdot \cos \theta$$

ここで、

$\theta$  : 軸角度

$\sin \omega t$  : 出力巻線励起周波数

$E_0$  : 出力巻線励起振幅である。

【0066】各出力巻線31b、31cから得られた出力電圧(S3-S1, S2-S4)は、R/D変換手段に入力され、回転子の回転角・変位置量に応じたインクリメンタル信号、あるいは絶対位置データとして出力される。

【0067】このインクリメンタル信号、あるいは絶対位置データは、例えば、制御手段34に入力され、ハンドルの切れ角に応じた信号、あるいはビニオン側の舵角として処理される。

【0068】ここで、R/D変換手段33は、通常1個のICとして構成されており、その内部にはバッファアンプ、サイン・コサイン乗算器、誤差アンプ、PSD・周波数シェーピング回路、VCO、アップダウンカウンタ、デコード論理回路、ラッチ回路、シリアルインターフェース回路等を備えている。このR/D変換手段33は、1個のICとして構成されているものが一般的であるが、その構成要素毎にアナログ回路、デジタル回路、プロセッサ等を用いて構成することもできる。

【0069】なお、上記例では主に本発明の複合レゾルバをパワーステアリングに応用した例に関して説明したが、本発明の複合レゾルバの用途はこのようなステアリングの変位置量検出に限定されるものではなく、1または2系統の異なる回転量を検出するものであればその応用範囲はいかなる用途であつてもよい。

【0070】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、パワーステアリング等の複数箇所回転位置検出に対応でき、制御システム全体の簡素化、製造コストおよび重量やスペースの低減が可能な複合レゾルバを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の複合レゾルバの具体的な構成例を示す平面図である。

【図2】図1のA-A'断面図である。

【図3】パワーステアリングシステムの概要を示すブロック構成図である。

【図4】出力巻線の構成例を示す回路図である。

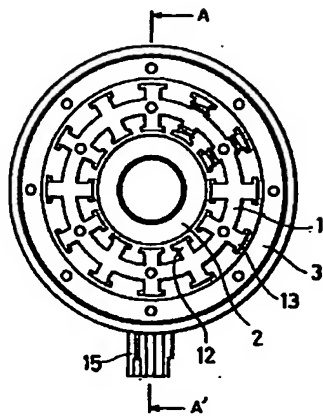
【図5】レゾルバとR/D変換手段の構成例を示すブロック図である。

【符号の説明】

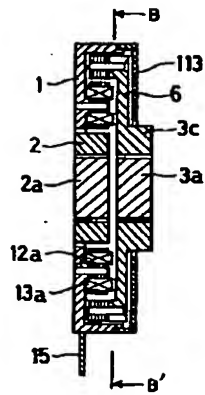
- 1 固定子
- 2 内側回転子
- 2a 回転体接続部
- 3 外側回転子
- 3a 回転体接続部
- 12 磁極
- 13 磁極
- 12a 巻線
- 13a 巻線



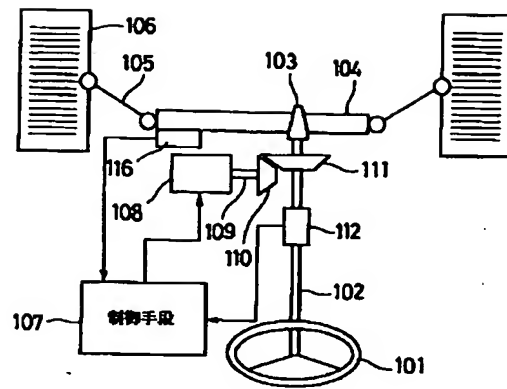
【図1】



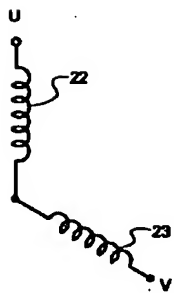
【図2】



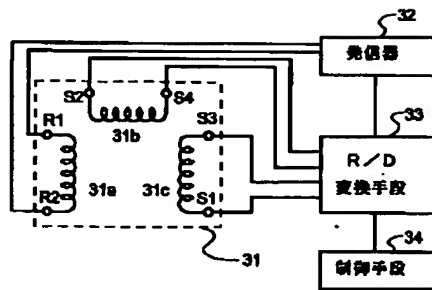
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 丸山 裕児  
東京都調布市調布ヶ丘3丁目6番地2 サ  
ムタク株式会社内

Fターム(参考) 2F063 AA35 AA36 BA08 EA03 GA22  
GA33 LA01 LA19  
2F077 AA43 FF34 TT21 TT38  
3D033 CA28

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## TECHNICAL FIELD

---

[Field of the Invention] This invention relates to the compound resolver which can be used suitable for measurement of the amounts of displacement, such as electric power-steering equipment.

---

[Translation done.]

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## PRIOR ART

[Description of the Prior Art] In order to mitigate the control force of a steering handle and to give a comfortable feeling of steering in recent years, many electric power-steering equipments are used. Drawing 3 is the outline block diagram showing an example of conventional electric power-steering equipment, a steering wheel 101 is connected with the upper limit section of a steering shaft 102, this steering shaft 102 is supported by the fixed part which is not illustrated, and is extended caudad, and that lower limit section is equipped with the pinion 103.

[0003] This pinion 103 gears on the rack shaft 104 extended at a level with the car cross direction, steering gear are constituted, and rotation of the circumference of a steering shaft 102 is changed into the translatory movement (translational motion) of the rack shaft 104 from a steering wheel 101.

[0004] And the both ends of the rack shaft 104 which extends horizontally are connected to a knuckle and \*\*\*\*\* 106 through a tie rod 105, respectively, and \*\*\*\*\* 106 on either side is \*\*\*\*(ed) because the rack shaft 104 carries out horizontal migration (translational motion). In addition, said steering wheel 101, the steering shaft 102, the pinion 103, and the rack shaft 104 constitute the steering system.

[0005] Moreover, the ring gear 111 which constitutes a reducer is fixed to the same axle by the upper part of the pinion 103 in a steering shaft 102, the ring wheel 110 connected with the driving shaft 109 of the steering auxiliary motor (motor) 108 at this ring gear 111 gears in it, and the steering auxiliary motor 108 is controlled to generate the steering auxiliary force according to steering torque according to the pulse current which is outputted from a control unit 7 and by which duty control was carried out.

[0006] Furthermore, the torque detection device 112 is formed in the upper part of the ring wheel 111 in a steering shaft 102. This torque detection device 112 consists of a torsion bar spring which connects the lower limit section of a steering shaft 102, and the upper limit section of a pinion 103 and which is not illustrated, and a steering torque sensor arranged at that periphery. A steering torque sensor detects steering torque from the amount of twists of said torsion bar spring, and according to the magnitude of steering torque and, it supplies a positive value and the torque detection value T which is the voltage signal of a negative value in the left end (it is right-handed rotation to the input from a pinion 103) of a steering wheel 101 to a control means 107 by the right end (to the input from a pinion 103, it is left-handed rotation) of a steering wheel 101.

[0007] In such a steering system, although various location detection means are used for the torque detection device, what used the resolver is excellent in respect of location detection precision, a resistance to environment, etc. especially.

[0008] However, when it is going to perform torque detection using a resolver, a resolver is needed for one pinion 103 side which minded [ steering wheel / of a steering shaft 102 / 101 ] one and a torsion bar spring, respectively. This is because it is necessary to detect the difference of the piece angle by the side of a pinion 103, and the rudder angle by the side of a steering wheel 101, and to output the difference as a control signal.

[0009] For this reason, at least two resolvers were needed for one steering system, and it had become a serious failure when reducing the cost of a power-steering system. Moreover, if the number of resolvers can be reduced, it becomes advantageous also in respect of weight or a tooth space, especially merits, such as improvement in fields, such as an environmental problem, to the fuel consumption by mitigation of weight, are large.

[Translation done.]

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the compound resolver which can be used suitable for measurement of the amounts of displacement, such as electric power-steering equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to mitigate the control force of a steering handle and to give a comfortable feeling of steering in recent years, many electric power-steering equipments are used. Drawing 3 is the outline block diagram showing an example of conventional electric power-steering equipment, a steering wheel 101 is connected with the upper limit section of a steering shaft 102, this steering shaft 102 is supported by the fixed part which is not illustrated, and is extended caudad, and that lower limit section is equipped with the pinion 103.

[0003] This pinion 103 gears on the rack shaft 104 extended at a level with the car cross direction, steering gear are constituted, and rotation of the circumference of a steering shaft 102 is changed into the translatory movement (translational motion) of the rack shaft 104 from a steering wheel 101.

[0004] And the both ends of the rack shaft 104 which extends horizontally are connected to a knuckle and \*\*\*\*\* 106 through a tie rod 105, respectively, and \*\*\*\*\* 106 on either side is \*\*\*\*(ed) because the rack shaft 104 carries out horizontal migration (translational motion). In addition, said steering wheel 101, the steering shaft 102, the pinion 103, and the rack shaft 104 constitute the steering system.

[0005] Moreover, the ring gear 111 which constitutes a reducer is fixed to the same axle by the upper part of the pinion 103 in a steering shaft 102, the ring wheel 110 connected with the driving shaft 109 of the steering auxiliary motor (motor) 108 at this ring gear 111 gears in it, and the steering auxiliary motor 108 is controlled to generate the steering auxiliary force according to steering torque according to the pulse current which is outputted from a control unit 7 and by which duty control was carried out.

[0006] Furthermore, the torque detection device 112 is formed in the upper part of the ring wheel 111 in a steering shaft 102. This torque detection device 112 consists of a torsion bar spring which connects the lower limit section of a steering shaft 102, and the upper limit section of a pinion 103 and which is not illustrated, and a steering torque sensor arranged at that periphery. A steering torque sensor detects steering torque from the amount of twists of said torsion bar spring, and according to the magnitude of steering torque and, it supplies a positive value and the torque detection value T which is the voltage signal of a negative value in the left end (it is right-handed rotation to the input from a pinion 103) of a steering wheel 101 to a control means 107 by the right end (to the input from a pinion 103, it is left-handed rotation) of a steering wheel 101.

[0007] In such a steering system, although various location detection means are used for the torque detection device, what used the resolver is excellent in respect of location detection precision, a resistance to environment, etc. especially.

[0008] However, when it is going to perform torque detection using a resolver, a resolver is needed for one pinion 103 side which minded [ steering wheel / of a steering shaft 102 / 101 ] one and a torsion bar spring, respectively. This is because it is necessary to detect the difference of the piece angle by the side of a pinion 103, and the rudder angle by the side of a steering wheel 101, and to output the difference as a control signal.

[0009] For this reason, at least two resolvers were needed for one steering system, and it had become a serious failure when reducing the cost of a power-steering system. Moreover, if the number of resolvers can be reduced, it becomes advantageous also in respect of weight or a tooth space, especially merits,

such as improvement in fields, such as an environmental problem, to the fuel consumption by mitigation of weight, are large.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The purpose of this invention is being able to respond to two or more rotation location detection of power steering etc., and offering the compound resolver which can reduce the simplification, the manufacturing cost and weight of the whole control system, and a tooth space.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The above-mentioned purpose is attained by the following configurations.

(1) The stator 1 in which two or more magnetic poles 12 and 13 were formed, and the outside rotator 3 rotating around the outside of this stator 1, While having the inside rotator 2 rotating around the inside of said stator 1 and forming the magnetic poles 12 and 13 corresponding to each of the inside rotator 2 and the outside rotator 3 in said stator 1 The compound resolver by which the excitation winding and the output winding corresponding to each of the inside rotator 2 and the outside rotator 3 are independently wound around these magnetic poles 12 and 13, respectively.

(2) The resolver of the above (1) to which the body of revolution of a network which is different in said outside rotator 3 and the inside rotator 2, respectively is connected.

(3) Either [ at least ] said outside rotator 3 and the inside rotator 2 are the above (1) or the compound resolver of (2) which is the body of revolution of the salient pole of an integer N individual equal to the sum or the difference of the number of pole pairs of excitation winding and an output winding.

(4) the space angle with which either said outside rotator 3 and the inside rotator 2 make the center of a salient pole a zero, and the location of a rotator periphery is expressed at least --  $\theta_2$  -- one compound resolver of above-mentioned (1) - (3) which is the configuration from which the gap permeance pulsation by the rotator configuration serves as  $\cos(N\theta_2)$  when carrying out.

(5) the space angle with which either said outside rotator 3 and the inside rotator 2 make the center of a salient pole a zero, and the location of a rotator periphery is expressed at least --  $\theta_2$  -- the time of carrying out -- the minimum air GYAPU length of the center of a salient pole --  $\delta_1$  -- the time of carrying out and k taking the value between 1 and 2 -- said space angle  $\theta_2$  [the air gap length in a location -- 0012]

[Equation 2]

$k\delta_1$

---


$$1 + (k-1) \cos(N\theta_1)$$

[0013] One compound resolver of above-mentioned (1) - (4) made into a rotator configuration which becomes.

[0014]

[Embodiment of the Invention] While the compound resolver of this invention has the stator in which two or more magnetic poles were formed, an outside rotator rotating around the outside of this stator, and an inside rotator rotating around the inside of said stator and the magnetic pole corresponding to each of an inside rotator and an outside rotator is formed in said stator, the excitation winding and the output winding corresponding to each of an inside rotator and an outside rotator are independently wound around these magnetic poles, respectively.

[0015] Thus, by arranging a rotator on the inside and the outside of a stator and forming the magnetic pole corresponding to this rotator in a stator, two resolvers can be dedicated in the case same as one, and the tooth space and costs for one resolver can be reduced.

[0016] The compound resolver of this invention has the stator 1 in which it was cylindrical in general and two or more magnetic poles 12 and 13 were formed, and cylinder-like the inside rotator 2 and the outside rotator 3 which are arranged on the inside and the outside of this stator 1, respectively, as shown in drawing 1 and 2. in addition, drawing 2 -- A-A' of drawing 1 -- it is a cross-section view Fig. and

drawing 1 is equivalent to the cross-section view Fig. of B-B' of drawing 2 . In addition, although it seems that the gap between the inside rotator 2, the outside rotator 3, and a stator 1 is fixed in the example of illustration, irregularity from which a predetermined output signal is acquired is formed in the inside rotator 2 and the outside rotator 3 so that it may mention later in fact, and a gap changes. [0017] Magnetic poles 12 and 13 are formed in the lateral surface, the medial surface, and the location that counters of the inside rotator 2 and the outside rotator 3 at the stator 1, respectively. The pole is determined that a signal is outputted with a predetermined period like the usual resolver by rotation actuation of the inside rotator 2 and the outside rotator 3 so that these magnetic poles 12 and 13 may be mentioned later. Magnetic poles 12 and 13 had the configuration by which the inside rotator 2, the outside rotator 3, and the part that counters are formed as a smooth field which has cylindrical [ some ] or predetermined curvature, and is formed in the center, respectively and which was projected in general from the cylinder-like stator body, and the drum section is narrow in the shape of [ of a coil ] a bobbin exactly.

[0018] The coils 12a and 13a which turn into excitation winding or an output winding like the usual resolver are wound around the magnetic poles 12 and 13 currently formed in this stator 1, respectively. About the detail of the relation between these coils and a magnetic pole, it mentions later. Moreover, while a stator 1 has flank covering formed of a cross-section [ of L characters ]-like edge, it has fitted in with covering 11, and it also has the function to protect the whole resolver. This stator 1 is fixed to the body of a device under test etc. by the screw hole which is not illustrated.

[0019] the inside rotator 2 and the outside rotator 3 -- respectively -- the gap of its lateral surface and medial surface, and each magnetic poles 12 and 13 of a stator 1 -- rotation actuation -- changing -- excitation winding and an output winding -- rotation -- a variation rate -- it is formed so that the output signal according to an amount may be acquired. In this case, in the inside rotator 2, that appearance serves as the above-mentioned configuration, and, as for the outside rotator 3, that inner form serves as the above-mentioned configuration. Although these configurations are good also as body of revolution of the shape of disc-like [ to which the medial axis shifted from the medial axis of a stator ], or a cylinder, in order to remove harmonics, it is desirable like the after-mentioned to consider as the configuration which has the projected part of the predetermined number of stations.

[0020] although it is possible to use the ingredient which is not limited as an ingredient which constitutes an inside rotator, an outside rotator, and a stator especially if it is a magnetic material, and is used for the usual resolver -- inside -- a silicon steel plate and electromagnetism -- soft iron etc. is desirable and especially a silicon steel plate is desirable.

[0021] The inside rotator 2 and the outside rotator 3 have the body-of-revolution connections 2a and 3a. The body of revolution (revolving shaft) of a network different, respectively is connected to body-of-revolution connection 2a of this inside rotator 2, and body-of-revolution connection 3a of the outside rotator 3. For this reason, the body-of-revolution connections 2a and 3a are formed in the shape of a cylinder, and it is engaged [ a revolving shaft etc. and ] and they are usually tending to fit in [ come ].

[0022] The pinion side (lower control arm) which minded the torsion bar spring the steering wheel side (upper arm) of a steering shaft in power steering is more specifically engaged, respectively. In order to secure engagement to for example, an upper arm and a lower control arm, it is good for these body-of-revolution connections 2a and 3a to make it engaged through a spline etc.

[0023] In addition, the outside rotator 3 is thick bearing block 3c and really formed through connection section 3b of closing in, and body-of-revolution connection 3a is formed in this thick bearing block 3c. moreover, the inside rotator 2 -- a rotator and a bearing block -- united -- \*\*\*\* -- a rotator -- body-of-revolution connection 2a is mostly formed in the core. Moreover, each coil of a stator is taken out by the wiring drawer section 15, and is connected with R/D conversion means, such as a control means, etc.

[0024] Next, the more detailed configuration of the inside rotator 2 and the outside rotator 3 is explained. Although the technique of determining the configuration of the rotator of the usual resolver can be used for the configuration of the inside rotator 2 and the outside rotator 3, the technique indicated by patent No. 2698013 is preferably used for it.

[0025] Specifically, they are p1 and the number of pole pairs of an output winding about the number of

pole pairs of excitation winding  $p_2$  In the structure where carry out and a coil is not formed by the magnetic material in which the inside rotator 2 and the outside rotator 3 have the salient pole of  $N$  individual In an operation with fluctuation of the gap permeance by the magnetomotive force and the salient pole which are produced according to the current of excitation winding by being referred to as  $p_1 + p_2 = N$  or  $p_1 - p_2 = \pm N$   $p_2$  pole pair When gap flux density is produced and all peripheries  $1/N$  Move [ a rotator ], the space position of the peak value of the flux density is  $1$  of all peripheries /  $p_2$ . It uses moving.

[0026] The induced voltage to the output winding by this flux density When excitation winding is made into single phase and an output winding is made into two phases or a three phase circuit It becomes two phases of a sinusoidal form or three-phase-circuit electrical potential difference which makes one period a motion of  $1/N$  of all the peripheries of an outside or an inside rotator (a rotator is only called below), and when excitation winding is made into two phases and an output winding is made into single phase, a rotator serves as a sinusoidal voltage whose  $2\pi$  change a phase does, when all peripheries  $1/N$  Move. processing this output voltage with a R/D conversion means, since the relation of these electrical potential differences and rotator locations is the same as that of the case of the resolver used now or a synchro -- structure -- it can be used as an easy and cheap resolver or a synchro.

[0027] In this method, it is important to make into min harmonic content contained in the induced voltage of an output winding leading to with error. Rotator location  $\theta_2$  of the gap permeance coefficient according to the salient pole of  $N$  individual at this invention This is realizable by considering as a salient pole configuration to which the fluctuation to depend serves as a value proportional to  $\cos(N\theta_2)$ , and the harmonic content to this becomes very small.

[0028] When  $N$  is generally integers other than one, the location of  $1/N$  of all peripheries within the limits can be detected, but in order to pinpoint a location absolutely, it is required to use a certain supplementary means. On the other hand, since the electrical potential difference of one period is guided to an output winding by one rotation of a rotator when  $N$  is 1, it becomes detectable [ a location ] absolutely. Although the number of salient poles is even in the usual rotating machine, generally the number of salient poles can also be considered as odd number. Although one side of the both ends of one diameter can realize the case where  $N$  is equal to 1, about the minimum gap with a rotator configuration from which another side serves as the maximum gap, an error can be made into min by considering as a rotator configuration from which fluctuation by the rotator location of a gap permeance coefficient serves as a value proportional to  $\cos(\theta_2)$  also in this case. In this case, when spacing of one pole pair is used and expressed instead of the number of pole pairs, it is [  $T_1$  and ] the shorter one about the longer one at intervals of one pole pair of excitation winding and an output winding  $T_2$  When carrying out, Preparing a migration child one lobe at equal intervals at spacing of  $T = T_1$  and  $T_2/(T_1 + T_2)$  or  $T = T_1$  and  $T_2/(T_1 - T_2)$  Since it is equivalent to the relation between  $p_1 + p_2 = N$  in the above-mentioned rotation location detection, or  $p_1 - p_2 = \pm N$ , when only distance with a migration child equal to  $T$  moves, the sinusoidal voltage of one period will be guided to an output winding, and location detection can be performed using this.

[0029] For example, in the magnetic poles 12 and 13 which counter with the inside rotator 2 of a stator 1, and the outside rotator 3 in drawing 1 and 2, it is  $p_1$  pole pair, respectively. Excitation winding and  $p_2$  pole pair The output winding is wound. The salient pole of  $N$  individual is formed in a rotator at the periphery, and the above-mentioned number of pole pairs and the number of a salient pole are  $p_1 + p_2 = N$  (1).

Or  $p_1 - p_2 = \pm N$  (2)

It is chosen so that the relation of \*\*\*\*\* may be satisfied. The gap permeance coefficient in the case of having a  $Z_1$  piece slot in a stator core generally, and having the salient pole of  $N$  individual in a rotor core is [0030].

[Equation 3]

$$\sum_r P_r \cos(\alpha Z_1 \theta_1 + \gamma N \theta_2) \quad (3)$$



[0031] It is expressed by carrying out. Here, gamma shall express forward and the negative integral exponent containing alpha and 0, and it is theta 1. The center of the whole coil which constitutes the excitation winding of one pole is made into a zero. It is the coordinate which shows the location of the any selected point of stator inner circumference on a space square, and is theta 2. It is theta 1 to the moment of  $t=0$ . It is the coordinate fixed to the rotator by making the center of the salient pole of the rotator in the location nearest to a zero into a zero, and is theta 1. It is similarly expressed with a space angle. theta 1 when the space angle equivalent to 1 pole pitch of a rotator salient pole is set to psi and the rotator is standing it still theta 2 They are xipsi, then  $\theta_2 = \theta_1 - \text{xipsi}$  (4) about the space angle between both zeros.

There is \*\*\*\*\* and xi takes the value of  $-0.5 \leq \text{xi} \leq 0.5$ . (4) If a formula is substituted for (3) types, a gap permeance coefficient will serve as a degree type.

[0032]

[Equation 4]

$$\sum_r P_r \cos \{ (\alpha Z_1 + \gamma N) \theta_1 - \gamma \xi N \phi \} \quad (5)$$

[0033] When actual value of the current which flows to excitation winding is set to I and angular frequency is set to omega, the fundamental-wave magnetomotive force by this current is [0034].

[Equation 5]

$$F_{11} = \frac{\sqrt{6} \cdot W_e \cdot k_{w1} I}{p_1 \pi} \cos(\omega t) \cdot \sin(p_1 \theta_1) \quad (6)$$

[0035] It is expressed by carrying out. It is  $W_e$  here. The number of turns of excitation winding, and  $p_1$  The number of pole pairs of excitation winding and  $k_{w1}$  are the winding factors to a fundamental-wave component. In order to show a principle here, when the gap permeance pulsation by the stator slot is disregarded, it is [0036] that what is necessary is just to consider the case of  $\alpha = 0$  in (5) types.

[Equation 6]

$$\sum_r P_r \cos(\gamma N \theta_1 - \gamma \xi N \phi) \quad (7)$$

[0037] It becomes. It asks as a product of (6) types and (7) types, and flux density is [0038].

[Equation 7]

$$B_{11} = \frac{\sqrt{6} \cdot W_e \cdot k_{w1} I}{p_1 \pi} \cos(\omega t) \times \sum_r P_r \sin \{ (p_1 + \gamma N) \theta_1 - \gamma \xi N \phi \} \quad (8)$$

[0039] It is expressed by carrying out. if the degree  $(p_1 + \gamma N)$  of flux density is examined here -- the time of  $\gamma = 0$   $(p_1 + \gamma N)$  --  $= p_1$  it is -- although -- It is [0040], when (1) type is satisfied and  $= (p_1 + \gamma N)$   $(2p_1 + p_2)$  and (2) types are satisfied to  $\gamma = **1$  at the time of  $= (p_1 + \gamma N) - p_2$  and  $\gamma = 1$  at the time of  $\gamma = -1$ .

[Equation 8]

$$\gamma = \pm 1$$

[0041] At the time of  $** = (p_1 + \gamma N)$  it becomes  $= (p_1 + \gamma N)$   $(2p_1 - p_2)$  at the time of  $p_2$  and  $\gamma = **1$ . Therefore, in gap flux density, the number of pole pairs is  $p_1$  and  $p_2$ . And  $(2p_1 + p_2)$  will exist [ a component ]. Therefore, flux density is expressed with (9) types or (10) types to the case where (1) type or (2) types are satisfied, respectively.

[0042]

[Equation 9]

$$B_{11} = \frac{\sqrt{6} \cdot W \cdot k_{-1} I}{p_1 \pi} \cos(\omega t) [P_{00} \sin(p_1 \theta_1) - P_{01} \sin(p_2 \theta_1 - \xi N \phi) + P_{01} \sin((2p_1 + p_2) \theta_1 - \xi N \phi)] \quad (9)$$

[0043]

[Equation 10]

$$B_{11} = \frac{\sqrt{6} \cdot W \cdot k_{-1} I}{p_1 \pi} \cos(\omega t) [P_{00} \sin(p_1 \theta_1) + P_{01} \sin(p_2 \theta_1 \pm \xi N \phi) + P_{01} \sin((2p_1 - p_2) \theta_1 \pm \xi N \phi)] \quad (10)$$

[0044] (9) A rotator since it is  $N_{psi}=2\pi$  when it reaches and the 2nd term of (10) types is observed, when  $\theta_1$  changes from -0.5 to +0.5 is  $p_2$  pole pair at the time of 1 pole pitch \*\*\*\* of a salient pole. The location of the peak value of flux density shows 1 pole-pair \*\*\*\*\*. Therefore,  $p_2$  pole pair dedicated to this magnetic flux and a stator slot Since the magnitude of a flux linkage with an output winding changes with the locations of a rotator salient pole, the magnitude of the induced voltage of an output winding also changes with rotators. Other one is prepared in the location of the coil shaft as excitation winding with one [ same ] of the output windings in the location separated from the coil shaft of excitation winding 90 degrees by the electrical angle. Suppose that the former is called output winding 1 and the latter is called output winding 2. (9) It asks for the sum of the flux linkage of each coil which constitutes a coil, the electrical potential difference guided to these output windings with the flux density of a formula or (10) types is obtained by carrying out time amount differential of this, and when it shows the result, it is as follows. That is, the electrical potential difference guided to output windings 1 and 2 is expressed by (11) types and (12) types which are shown below by the flux density of the 2nd term of (9) or (10) types.

[0045]

[Equation 11]

$$e_{e1} = \sqrt{2} \cdot E_1 \cos(\xi N \phi) \cdot \sin(\omega t) \quad (11)$$

[0046]

[Equation 12]

$$e_{e2} = \pm \sqrt{2} \cdot E_1 \sin(\xi N \phi) \cdot \sin(\omega t) \quad (12)$$

[0047] Here, in the case of  $p_1 + p_2 = N$  and  $p_1 - p_2 = N$ , the sign of (12) types takes minus, and, in the case of  $p_1 - p_2 = -N$ , takes plus.  $p_2$  pole pair In an output winding, the degree of spatial distribution is  $p_2$ . Since an electrical potential difference is guided by one odd times the flux density of this ( $2p_1 \cdot p_2$ )  $p_2$  When it is odd times, an electrical potential difference is guided to an output winding also according to the 3rd term of (9) and (10) types., this electrical potential difference -- actual value  $E_1$  of the electrical potential difference of (11) and (12) types Only changing, the form of a formula does not change. It is  $p_1$  similarly.  $p_2$  Although a fixed electrical potential difference unrelated to an output winding 1 in a rotator location is guided according to the 1st term of (9) and (10) types when it is odd times, this electrical potential difference is removable with circuit processing. However, since it is more desirable not to need such circuit processing, it is  $p_1$ .  $p_2$  It can avoid guiding the electrical potential difference by the 1st term by suitable selection of combination. When an output winding is used as a three-phase-circuit coil, the degree of spatial distribution is  $p_2$ . Even if it is odd times, the flux density component of the degree of the integral multiple of 3 does not guide an electrical potential difference to an output

winding.

[0048] If it connects like drawing 4 and the coils 22 and 23 of two phases of a three-phase-circuit coil are used as a coil of one phase also in the case of two phase windings [ single phase or ], induced voltage by the flux density component of the degree of the integral multiple of 3 will not be produced like the case of a three-phase-circuit coil. In this case, p1 for not producing induced voltage by the 1st term of (9) and (10) types p2 Selection of combination becomes easy. Therefore, since the electrical potential difference proportional to cos and the sin function with which the rotator guided to 2 sets of above-mentioned output windings becomes one period when a salient pole carries out 1 pole pitch migration is the same as the electrical potential difference on which a rotator is guided to an I/O coil in the conventional resolver when [ that ] 1 pole pitch migration is carried out, location detection can be performed by processing with a R/D conversion means.

[0049] In old explanation, although the output winding 1 is arranged in the same location as excitation winding, this is for the facilities of explanation and does not necessarily adhere to this arrangement. If it is made to maintain at the location which left 2 sets of output windings 90 degrees by the electrical angle in the case of two phases, these can be arranged in the location of the arbitration of a stator slot.

Although excitation winding is single phase like the above, since the three-phase-circuit electrical potential difference from which a three-phase-circuit coil, then a rotator become one period about an output winding when a salient pole carries out 1 pole pitch migration is guided, the same use as the conventional synchros is possible. Also in this case, although that plane 1 is arranged in the same location as excitation winding in many cases, if it does not adhere to this arrangement and 3 sets of output windings maintain the location left by a unit of 120 degrees by the electrical angle, it can arrange in the location of the arbitration of a stator slot. When excitation winding is made into two phases and an output winding is made into single phase, location detection can be performed by, as for the induced voltage of an output winding, a phase's changing with rotator locations, and processing an output signal by the R/D converter also in this case, since it is the same as that of the conventional resolver to do 2pi change of that phase to a motion of 1 pole pitch of a rotator. Although it is alpha= 0 and the case of gamma= 1 [ \*\*] was described only in consideration of fundamental-wave magnetomotive force until now for explanation of a principle, when the case where alpha is an integral value as a gap permeance coefficient by the harmonic content and the stator slot of magnetomotive force is taken into consideration, gap flux density is [0050].

[Equation 13]

$$B_1 = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{p=1}^{\infty} \sum_{\gamma=1}^{\infty} (-1)^{\gamma} \cdot \frac{\sqrt{6} \cdot W \cdot K_{s1} l}{n p \pi} \cos(\omega t) \times P_{\gamma 0} \sin \{ (n p_1 + \alpha Z_1 + \gamma N) \theta_1 - \gamma \xi N \phi \} \quad (13)$$

[0051] It becomes. It sets in each item of the formula of this flux density, and is theta 1. A multiplier (np1+alphaZ1+gammaN) is p2. An electrical potential difference is guided to an output winding only by the odd times as many component as this, and when it is connection of drawing 4, an electrical potential difference is guided to an output winding only by the component of the degree except the integral multiple of further 3. When it asks for the electrical potential difference guided to output windings 1 and 2 in consideration of these things, it is expressed as (14) and (15) types, respectively.

[0052]

[Equation 14]

$$e_{a1} = \sum_{\gamma} E_{\gamma} \cos(\gamma \xi N \phi) \cdot \sin(\omega t) \quad (14)$$

$$e_{a2} = \sum_{\gamma} E_{\gamma} \sin(\gamma \xi N \phi) \cdot \sin(\omega t) \quad (15)$$

[0053] It sets at this ceremony and, in the case of gamma= 0, is theta 1. In the case of an integer slot, a

multiplier is  $Z1$  although set to  $(np \ 1 + \alpha Z1)$ .  $p1$  Since it becomes an integral multiple, it is  $p1$ .  $p2$  It can avoid guiding the electrical potential difference by this term to an output winding by selecting combination appropriately. Next, although expressed with the same form as (11) and (12) types, since the higher-harmonic flux density component which guides an electrical potential difference increases, the electrical potential difference guided to an output winding according to the term equivalent to  $\gamma = **1$  is the electrical-potential-difference actual value  $E1$ . Magnitude changes. However, since the form of a formula does not change, there is no change also in the electrical potential difference to which a rotator is proportional to  $\cos$  and the  $\sin$  function which become one period when a salient pole carries out 1 pole pitch migration being guided to 2 sets of output windings. To  $\gamma = **2$ ,  $(1 + \alpha Z1$  to  $2 N np)$  is  $p2$ . When an odd times (the integral multiple of 3 is removed when it is the coil of drawing 4) as many term as this exists, the electrical potential difference proportional to  $\cos(2xiNpsi)$  and  $\sin(2xiNpsi)$  will be guided to an output winding. This serves as harmonic content to the voltage component proportional to  $\cos(xiNpsi)$  and  $\sin(xiNpsi)$  effective in location detection expressed as (11) and (12) types. Therefore, the term or more corresponding to two in the absolute value of  $\gamma$  needs to make these components into min, in order to perform highly precise location detection, since it becomes the voltage component which produces an error in location detection. As for the term corresponding to  $\gamma$ , in gap flux density, it is desirable to consider as a salient pole configuration as which the gap permeance coefficient which expresses this pulsation with this invention is expressed as (16) types shown below in view of being what is depended on the gap permeance pulsation by the rotator salient pole.

[0054]

[Equation 15]

$$P_{00} + P_{01} \cos(N\theta_2) \quad (16)$$

[0055] In this case, since the term or more [ of the absolute value of  $\gamma$  ] corresponding to two does not exist in flux density, the induced voltage of an output winding serves as only a term expressed with (11) and (12) types, and the error of location detection is made as for it to min. When this salient pole configuration is shown concretely, it is a coordinate  $\theta_2$ . Distance  $R_{\theta_2}$  of the periphery of a rotor core and core in a location (17) types shown below, then a good thing were clarified theoretically.

[0056]

[Equation 16]

$$R_{\theta_2} = R_1 - \frac{\delta_0}{1 + \left( \frac{\delta_0}{\delta_1} - 1 \right) \cos(N\theta_2)} \quad (17)$$

[0057] Here, it is  $k = \delta_0 / \delta_1$  (17) types are [0058] when it places.

[Equation 17]

$$R_{\theta_2} = R_1 - \frac{k\delta_1}{1 + (k-1) \cos(N\theta_2)} \quad (18)$$

[0059] Moreover, it is  $\delta_1$  when  $h$  is made into the integer of 0 to  $N-1$ . It is the gap length in  $\theta_2 = 2h\pi/N$ , and the minimum gap length deserves. Therefore,  $\delta_1$  If a dimension and the value of  $k$  are decided, a rotator periphery configuration, i.e., a salient pole configuration, can be decided. The gap permeance coefficient in this case is  $\delta_1$ .  $\delta_0 = k\delta_1$  If it uses, it will become (19) types shown below.

[0060]

[Equation 18]

$$\left. \begin{aligned} P_{00} &= \frac{\mu_0}{\delta_0} \\ P_{01} &= \left( \frac{\delta_0}{\delta_1} - 1 \right) \cdot P_{00} \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

[0061] P00 is delta 0 so that clearly from this (19) type. It is decided and P01 / P00 is delta 0 / delta 1. It is decided and a gap permeance coefficient is expressed with (16) types. Since considering the time of  $k=2$  the second term of (18) type right-hand side becomes infinite in  $\theta_2 = h \pi / N$  here,  $k$  must be a value smaller than 2. At the time of  $k=1$ , it is set to  $P01=0$  so that clearly from the second formula of (19) types, and the pulsating component of (16) types stops moreover, existing. Therefore, it is necessary to make the value of  $k$  into the value of  $1 < k < 2$  within the limits. However, since it is developed by the basis of assumption that line of magnetic flux passes along the theory which drew (17) types in radial, in a gap permeance coefficient,  $\gamma$  may include two or more terms. When this becomes harmful magnitude, based on field analysis results, such as the finite element method, a salient pole configuration is corrected on the basis of the rotator configuration of (17) types, and it is made for two or more terms to become [  $\gamma$  ] min in a gap permeance coefficient. In this case, since most gap permeance coefficients become only a thing corresponding to  $\gamma=0$  and  $\gamma=1$  and the term by which the absolute value of  $\gamma$  is equivalent to two or more becomes extent which can be disregarded, induced voltage of an output winding can be made into a nearly perfect sine wave and a cosine wave. In the case that  $N$  which can determine a location absolutely is equal to 1, it is practically the most important although the above explanation is the general case where  $N$  takes the integral value of arbitration.

[0062] Next, the R/D conversion means for processing the signal acquired from the resolver is explained.

[0063] A resolver can be considered to be the transformer of a rotating type, and as a smallest unit, as shown in drawing 5, they can be considered to be two output windings 31b and 31c with the model equipped with one excitation winding 31a.

[0064] It is illustrated by excitation winding with the predetermined alternating current reference signal added from a transmitter 32. Therefore, the amplitude of association of an output winding will appear as a function of the location of a rotator, and the relative position of a stator.

[0065] For this reason, two kinds of output voltage (S3-S1, S2-S4) by which the output from a resolver was modulated by the sign (sin) cosine (cos) of whenever [ axial-angle ] is obtained. The output form of the signal of a resolver format is shown below.

$S3-S1 = E0 \sin \omega t - \sin \theta$   $S2-S4 = E0 \sin \omega t - \cos \theta$  -- here -- whenever [  $\theta$ :axial-angle ] --  $\sin \omega t$ :output-winding excitation frequency  $E0$  : It is the output-winding excitation amplitude.

[0066] The output voltage (S3-S1, S2-S4) obtained from each output windings 31b and 31c is inputted into a R/D conversion means, and is outputted as the incremental signal according to an angle of rotation and the amount of displacement or absolute location data of a rotator.

[0067] Absolutely, location data are inputted into a control means 34, and are processed as a rudder angle by the side of this incremental signal, the signal according to the piece angle of a handle, or a pinion.

[0068] Here, the R/D conversion means 33 is usually constituted as one IC, and equips the interior with buffer amplifier, a sign cosine multiplier, error amplifier, PSD and a frequency shaving circuit, VCO, the updown counter, the decoding logical circuit, the latch circuit, the serial interface circuit, etc. This R/D conversion means 33 can also be constituted using an analog circuit, a digital circuit, a processor, etc. for every component of that, although what is constituted as one IC is common.

[0069] In addition, although the above-mentioned example mainly explained the compound resolver of

this invention about the example applied to power steering, as long as the application of the compound resolver of this invention is not limited to the amount detection of displacement of such a steering and it detects 1 or a different rotation of two lines, the application range may be what kind of application.

[0070]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to this invention, it can respond to two or more rotation location detection of power steering etc., and the compound resolver which can reduce the simplification, the manufacturing cost and weight of the whole control system, and a tooth space can be offered.

---

[Translation done.]

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The stator (1) in which two or more magnetic poles (12 13) were formed, and the outside rotator rotating around the outside of this stator (1) (3), While having an inside rotator (2) rotating around the inside of said stator (1) and forming the magnetic pole (12 13) corresponding to each of an inside rotator (2) and an outside rotator (3) in said stator (1) The compound resolver by which the excitation winding and the output winding corresponding to each of an inside rotator (2) and an outside rotator (3) are independently wound around these magnetic poles (12 13), respectively.

[Claim 2] The resolver of claim 1 to which the body of revolution of a network different, respectively from said outside rotator (3) and an inside rotator (2) is connected.

[Claim 3] Either [ at least ] said outside rotator (3) and an inside rotator (2) are the compound resolver of claims 1 or 2 which are the body of revolution of the salient pole of an integer N individual equal to the sum or the difference of the number of pole pairs of excitation winding and an output winding.

[Claim 4] the space angle with which either said outside rotator (3) and an inside rotator (2) make the center of a salient pole a zero, and the location of a rotator periphery is expressed at least --  $\theta_2$  -- one compound resolver of claims 1-3 which serve as a configuration from which the gap permeance pulsation by the rotator configuration serves as  $\cos(N\theta_2)$  when carrying out.

[Claim 5] Either [ at least ] said outside rotator (3) and an inside rotator (2) are the space angle with which the location of a rotator periphery is expressed by making the center of a salient pole into a zero  $\theta_2$  When carrying out, it is the minimum air GYAPU length of the center of a salient pole  $\delta_1$  When it carries out and k takes the value between 1 and 2, it is said space angle  $\theta_2$ . The air gap length in a location is [Equation 1].

$$k\delta_1$$

$$1 + (k-1) \cos(N\theta_1)$$

One compound resolver of claims 1-4 made into a rotator configuration which becomes.

[Translation done.]